

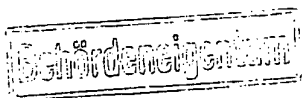
51

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT



Int. Cl. 2:

H 01 J 37/04

DT 25 15 550 B 1

11

21

22

43

44

## Auslegeschrift 25 15 550

Aktenzeichen: P 25 15 550.4-33

Anmeldetag: 9. 4. 75

Offenlegungstag: —

Bekanntmachungstag: 7. 10. 76

30

Unionspriorität:

32 33 31 —

54

Bezeichnung:

Korpuskularstrahl optisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahlendes Präparat

71

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

72

Erfinder:

Koops, Hans, Dipl.-Phys. Dr.rer. nat., 6101 Nieder-Ramstadt

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US 22 67 714

Optik, Bd. 36, H. 1, 1972, S. 93-110

DT 25 15 550 B 1

## Patentansprüche:

1. Korpuskularstrahloptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahlendes Präparat mit einer Strahlquelle, einem Kondensorlinsensystem, einem Stigmator, einem magnetischen Feldlinsensystem, in dem die Maske angeordnet und von zueinander parallelen Korpuskelbahnen durchsetzt ist, und einer magnetischen Projektivlinse, die das Bild der Maske in der Ebene des Präparats erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß das Kondensorlinsensystem (4) eine elektrostatische Linse ist, die über einen Spannungsteiler (14) in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung ( $U$ ) der Strahlquelle (2) erregt ist.

2. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 1, dem im Strahlengang ein aus einer Objektlinse, einem Zwischenbildleuchtschirm, einer elektrostatischen Projektivlinse und einem Endbildleuchtschirm bestehendes Korpuskularstrahlmikroskop folgt, wobei die Objektlinse mit der magnetischen Projektivlinse des Gerätes zu einem magnetischen Einfeld-Kondensorobjektiv vereinigt ist, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens vier Detektoren (13, 23) für die in den Randbereich des Zwischenbildleuchtschirmes (8) fallenden Korpuskeln, die durch Öffnungen in den Randbereichen der Maske gefallen sind, vorgesehen sind.

3. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß den Detektoren (13, 23) Hilfs-Abbildungssysteme (11) mit elektrostatischen Linsen vorgeschaltet sind, die entsprechende Randteile des Zwischenbildes auf die Detektoren (12, 23) abbilden und die von der Beschleunigungsspannung ( $U$ ) der Strahlquelle (2) abhängig erregt sind.

4. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 3 mit Detektoren, die auf der Achse der Hilfs-Abbildungssysteme angeordnet sind und jeweils ein elektrisches Ausgangssignal liefern, dadurch gekennzeichnet, daß die Hilfs-Abbildungssysteme (11) jeweils ein mit Wechselspannung gespeistes Ablenkssystem (21) enthalten.

5. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Projektivlinse(n) (9) des Korpuskularstrahlmikroskops (7) über einen Spannungsteiler (14) in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung ( $U$ ) der Strahlquelle (2) erregt ist (sind).

6. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Mitte des Endbildleuchtschirmes (10) ein elektrisches Ausgangssignal liefernder Detektor (22) sowie zwischen Zwischenbildleuchtschirm (8) und Endbildleuchtschirm (10) ein mit Wechselspannung gespeistes, senkrecht zur Geräteachse (16) wirkendes Ablenkssystem (20) angeordnet ist.

7. Korpuskularstrahloptisches Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß in der Nähe der Eintrittspupille des Einfeld-Kondensorobjektivs (6) ein Astigmatismus-Detektor (A) in Form eines Sektoringes angeordnet ist, wobei den einzelnen Sektoren Löcher (O) in einem die Maske (M) umgebenden Maschenhalter (24) optisch entsprechen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein korpuskularstrahloptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahlendes Präparat mit einer Strahlquelle, einem Kondensorlinsensystem, einem Stigmator, einem magnetischen Feldlinsensystem, in dem die Maske angeordnet und von zueinander parallelen Korpuskelbahnen durchsetzt ist, und einer magnetischen Projektivlinse, die das Bild der Maske in der Ebene des Präparats erzeugt.

Ein derartiges Gerät, das beispielsweise zur Herstellung von Mikroschaltungen auf Halbleiterplättchen dient, ist in Form eines elektronenoptischen Verkleinerungsgerätes aus der Zeitschrift »Optik«, Bd. 36 (1972), Seiten 93 bis 110, bekannt. In diesem Gerät besteht das Kondensorlinsensystem aus einer einzigen magnetischen Linse. Als Feldlinsensystem ist ebenfalls eine magnetische Linse vorgesehen, in deren Feldmitte sich das Präparat befindet.

Ferner ist aus der deutschen Offenlegungsschrift 2332091 ein elektronenoptisches Verkleinerungsgerät bekannt, bei dem das Kondensor- und das Feldlinsensystem aus je zwei magnetischen Linsen bestehen. Zwischen den beiden Feldlinsen verlaufen die Elektronen auf zueinander parallelen Bahnen.

Bei den bekannten Geräten ist eine optimale Abbildung der Maske in der Präparatebene nur dann möglich, wenn das durch das Kondensorlinsensystem erzeugte, verkleinerte Quellenbild durch das Feldlinsensystem in die Ebene kleinster Fehler, insbesondere die verzeichnungs- und farbfehlerfreie Ebene der magnetischen Projektivlinse, die die Maske auf das Präparat abbildet, übertragen wird.

Bei den bekannten Geräten ist die Übertragung des verkleinerten Quellenbildes in die genannte Ebene der magnetischen Projektivlinse bei verschiedenen Einstellungen der Erregungen von Kondensor- und Feldlinsensystem möglich. Diese Einstellungen haben unterschiedliche Bildfehler für das Bild der Maske auf dem Präparat zur Folge, je nach Lage des vom Feldlinsensystem entworfenen Bildes der Quelle relativ zur Projektivlinse, da sich die Bildfehler der Feldlinse bei einer Änderung der Erregung dieser Linse ebenfalls verändern. Es gibt eine Einstellung der Erregung von Kondensor- und Feldlinsensystem, bei der die Bildfehler minimal sind, d. h. die Güte der Abbildung besonders hoch ist. Diese Einstellung ist dadurch ausgezeichnet, daß

1. das Quellenbild durch das Kondensorlinsensystem in die Brennebene der ersten Hälfte des magnetischen Feldlinsensystems übertragen wird und
2. die Brennebene der zweiten Feldhälfte des magnetischen Feldlinsensystems mit der Ebene kleinster Fehler des Projektionslinsensystems aus Feldlinsen- und Projektivlinsenfeld zwischen Maske und Präparat identisch ist.

Bei den bekannten Geräten erfordert die Einstellung der Erregung des Kondensor- und des Feldlinsensystems in der beschriebenen optimalen Weise einen erheblichen Aufwand. Es ist nämlich in der Regel erforderlich, durch gleichzeitiges Verändern der Erregung der beiden Linsensysteme die optimale Einstellung zu finden bzw. wiederherzustellen. Das Auffinden dieser Einstellung gestaltet sich insbesondere deshalb schwierig, weil die Änderungen der Linsenerregungen infolge der unterschiedlichen Brennweiten dieser Linsensysteme mit unterschiedlichem Gewicht vorzunehmen sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein korpuskularstrahl optisches Gerät der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem die Optimierung der Abbildung in einfacher Weise möglich ist. Die Lösung dieser Aufgabe besteht gemäß der Erfindung darin, daß das Kondensorlinsensystem eine elektrostatische Linse ist, die über einen Spannungsteiler in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung der Strahlquelle erregt ist. Ein derartiger Kondensor hält die Ebene, in der er das verkleinerte Abbild der Quelle erzeugt, unabhängig von der Beschleunigungsspannung fest; der Abstand dieser Ebene von der Mitte des Feldlinsensystems, d. h. der Maskenebene, kann durch einmalige Einstellung der Kondensorerregung gleich dem Abstand der Maskenebene von der Ebene kleinsten Bildfehler des Projektionslinsensystems gewählt werden. Auf diese Weise ist es möglich, bei späteren Korrekturen die Einstellung einer optimalen Abbildung lediglich durch Veränderung der Erregung des Feldlinsensystems vorzunehmen.

Ein ionenoptisches Gerät, bei dem elektrostatische Linsen über einen Spannungsteiler in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung erregt sind, ist an sich aus der US-PS 2267714 bekannt.

Aus der eingangs genannten ersten Literaturstelle ist es ferner bekannt, zur Kontrolle des Maskenbildes in der Präparatebene ein Elektronenmikroskop vorzusehen, das sich in seinem Strahlengang dem elektronenoptischen Verkleinerungsgerät anschließt. Das Korpuskularstrahlmikroskop besteht aus einer Objektivi linse, einem Zwischenbildeuchtschirm, einer elektrostatischen Projektivlinse und einem Endbildeuchtschirm; die Objektivi linse ist dabei mit der magnetischen Projektivlinse des Gerätes zu einem magnetischen Einfeld-Kondensorobjektiv vereinigt. In diesem Fall können vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung vorgenommen werden. Sie bestehen zum einen darin, daß wenigstens vier Detektoren für die in den Randbereich des Zwischenbildeuchtschirmes fallenden Korpuskeln vorgesehen sind. Die Korpuskeln bilden Randteile der Maske ab, in denen z. B. definierte Prüföffnungen vorgesehen sein können. Aus den mit diesen Detektoren aufgenommenen Signalen lassen sich die außeraxialen Bildfehler, insbesondere die Verzeichnung der Abbildung, bestimmen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, in geeigneter Weise die Erregung des Feldlinsensystems zu ändern und damit die Bildfehler zu kompensieren. Mit Hilfe des in der beschriebenen Weise modifizierten Korpuskularstrahlmikroskops ist die Fehlerkorrektur in kurzer Zeit, z. B. während eines Präparatwechsels, möglich.

Die genannten Detektoren können z. B. als Leuchtschirme, Szintillatoren, als Faradaykäfge oder als Halbleiter-Detektoren ausgebildet sein. Sie können unmittelbar im Randbereich des Zwischenbildeuchtschirmes liegen. Den Detektoren können aber auch Hilfs-Abbildungssysteme mit elektrostatischen Linsen vorgeschaltet sein, die entsprechende Randteile des Zwischenbildes auf die Detektoren abbilden und die von der Beschleunigungsspannung der Strahlquelle abhängig erregt sind. Eine derartige Anordnung führt zu einer Verstärkung der von den Detektoren gelieferten Signale und damit zu einer präzisen Angabe über den Verzeichnungszustand der Abbildung; diese Angabe ist unabhängig von der Beschleunigungsspannung.

Unter der Verzeichnung ist bekanntlich ein rotationssymmetrischer Abbildungsfehler zu verstehen,

demzufolge ein Quadrat mit nach innen gewölbten Seiten (kissenförmige Verzeichnung) bzw. nach außen gewölbten Seiten (tonnenförmige Verzeichnung) abgebildet wird. Bei Auftreten einer Verzeichnung der korpuskularstrahl optischen Abbildung ist der Abstand der von den Hilfs-Abbildungssystemen in den Ebenen der zugehörigen Detektoren erzeugten Bildpunkte von der optischen Achse des Gerätes verändert. Verwendet man Detektoren, die jeweils ein elektrisches Ausgangssignal liefern (z. B. Halbleiterdetektoren), und ordnet diese Detektoren auf der Achse der Hilfs-Abbildungssysteme an, so kann eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen korpuskularstrahl optischen Gerätes vorgenommen werden. Diese besteht darin, daß man jedes Hilfs-Abbildungssystem mit einem jeweils mit Wechsellspannung gespeisten elektrostatischen oder magnetischen Ablenkensystem versieht. Die Detektoren liefern dann ein sinusförmiges Signal, das in einfacher Weise verarbeitet werden kann.

Bei der aus dem erfindungsgemäßen korpuskularstrahl optischen Verkleinerungsgerät und dem nachfolgenden Kontroll-Korpuskularstrahlmikroskop befolgenden Anordnung kann eine vorteilhafte Weiterentwicklung darin bestehen, daß die Projektivlinse des Korpuskularstrahlmikroskops über einen Spannungsteiler in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung der Strahlquelle erregt ist. Statt mit einer Projektivlinse kann das Kontroll-Korpuskularstrahlmikroskop auch mit mehreren hintereinanderliegenden elektrostatischen Projektivlinsen versehen sein, die in entsprechender Weise erregt sind. Auf dem Endbildeuchtschirm läßt sich damit eine objektive, d. h. vom momentanen Wert der Beschleunigungsspannung unabhängige Bestimmung der Schärfe der Maskenabbildung in der Präparatebene vornehmen.

Bei dem zuletzt beschriebenen Korpuskularstrahlmikroskop kann in der Mitte des Endbildeuchtschirmes ein elektrisches Ausgangssignal liefernder Detektor sowie zwischen Zwischenbildeuchtschirm und Endbildeuchtschirm ein mit Wechsellspannung gespeistes, senkrecht zur Geräteachse wirkendes elektrostatisches oder magnetisches Ablenkensystem angeordnet sein. Damit ist es möglich, das auf dem Endbildeuchtschirm erzeugte Bild auszu lenken und so in bekannter Weise die Bildschärfe zu bestimmen. Dazu wird das Detektorsignal frequenzanalysiert; die Höhe der maximalen auftretenden Frequenz ist ein Maß für die Schärfe des Bildes (DT-PS 1108347).

Bei dem erfindungsgemäßen Gerät ist es vorteilhaft, den Astigmatismus der Abbildung zu kompensieren, bevor die Erregung des elektrostatischen Kondensors bzw. der Feldlinse hinsichtlich minimaler Bildfehler und größtmöglicher Bildschärfe justiert wird. Dazu dient der eingangs genannte Stigmator zwischen dem Kondensorlinsensystem und dem magnetischen Feldlinsensystem. Die Bestimmung des Astigmatismus der Abbildung kann bei dem erfindungsgemäßen Gerät mit Vorteil mit einem in der Nähe der Eintrittspupille des Einfeld-Kondensorobjektivs angebrachten Detektor in Form eines Sektorringes erfolgen, dessen einzelnen Sektoren Löcher in einem die Maske umgebenden Maskenhalter optisch zugeordnet sind. Ein zwei- und/oder dreizähliger Astigmatismus der Abbildung hat zur Folge, daß die durch die Löcher auf den Sektorringen erzeugte Be-lichtungsfigur in charakteristischer Weise verändert ist. Dies wird im folgenden an Hand der Figuren er-

läutert.

In den Figuren ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Es zeigt

Fig. 1 ein korpuskularstrahloptisches Gerät zur Abbildung einer Maske auf ein zu bestrahlendes Präparat,

Fig. 2 den Strahlengang des Gerätes von Fig. 1,

Fig. 3 eine Variante des Gerätes von Fig. 1,

Fig. 4 einen Astigmatismus-Detektor,

Fig. 5a, 5b die sich auf dem Astigmatismus-Detektor ergebenden Belichtungsfiguren im Falle eines zwei- oder dreizähligen Astigmatismus.

Fig. 1 zeigt ein elektronenoptisches Verkleinerungsgerät 1 zur Abbildung einer Maske  $M$  auf einem Präparat  $P$ . Es weist eine aus einer Kathode 2a und einer Anode 2b bestehende Strahlquelle 2, eine Aperturblende 3, einen elektrostatischen Kondensor 4, eine magnetische Feldlinse 5, in deren Mittelebene die Maske  $M$  liegt, und ein magnetisches Einfeld-Kondensorobjektiv 6 auf, dessen erste Feldhälfte als Projektivlinse dient.

Dem Verkleinerungsgerät 1 folgt in seinem Strahlengang ein Elektronenmikroskop 7. Dieses besteht aus dem Einfeld-Kondensorobjektiv 6, dessen zweite Feldhälfte als Objektivlinse dient, einem Zwischenbildleuchtschirm 8, einer elektrostatischen Projektivlinse 9 und einem zentralen Endbildleuchtschirm 10. Neben diesem sind im Abstand von  $90^\circ$  symmetrisch zur Achse 16 weitere vier Endbildleuchtschirme 13 mit gekippter Achse vorgesehen, von denen in der Figur lediglich zwei dargestellt sind. Auf den Leuchtschirmen 13 werden Elektronen, die definierte Prüföffnungen  $V$  der Maske  $M$  durchsetzen und die in den Randbereich des Zwischenbildleuchtschirmes 8 fallen, jeweils punktförmig fokussiert; im Falle einer verzeichnungsfreien Abbildung der Maske  $M$  in der Präparatebene 12 liegen diese Punkte jeweils im Zentrum  $Z$  der Endbildleuchtschirme 13. Zu dieser Fokussierung sind vier den Endbildleuchtschirmen 13 zugeordnete Hilfs-Abbildungssysteme 11 zwischen dem Zwischenbildleuchtschirm 8 und den Endbildleuchtschirmen 13 angebracht, von denen in der Figur ebenfalls nur zwei zu sehen sind. Die Hilfs-Abbildungssysteme sind ebenfalls als elektrostatische Linsen ausgebildet.

Sämtliche elektrostatischen Linsen, d. h. der Kondensor 4 sowie die Projektivlinse 9 bzw. die elektrostatischen Linsen der Hilfs-Abbildungssysteme 11, sind in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung  $U$  der Strahlquelle 2 erregt; die Spannung  $U$  besitzt einen Wert von z. B. 30 kV. Dazu dient ein Spannungsteiler 14, an den die als Einzellinsen ausgebildeten elektrostatischen Linsen 4, 9, 11 angeschlossen sind.

Der Strahlengang des in Fig. 1 dargestellten elektronenoptischen Verkleinerungsgerätes 1 ist in Fig. 2 gezeigt. Dabei sind die Abstände der Strahlen von der Achse 16 vergrößert wiedergegeben. Der Kondensor 4 überträgt den Crossover  $Q_0$  der Strahlquelle 2 verkleinert in die Ebene  $E_1$ , deren Lage sich auf Grund des elektrostatischen Prinzips auch bei einer Änderung der Beschleunigungsspannung  $U$  nicht ändert. Diese Ebene entspricht der Brennebene der ersten Hälfte der magnetischen Feldlinse 5. Die Feldlinse 5 überträgt das in der Ebene  $E_1$  vorliegende Quellenbild  $Q_1$  in die Brennebene  $E_1'$  ihrer zweiten Feldhälfte, wobei sie die Maske  $M$  gleichmäßig, d. h. mit zueinander parallelen Elektronenbahnen, aus-

leuchtet. Das in dieser Ebene vorliegende Quellenbild  $Q_1'$  stellt die Eintrittspupille des Einfeld-Kondensorobjektivs 6 dar. Das Einfeld-Kondensorobjektiv 6, dessen Ebene kleinster Fehler mit der Ebene  $E_1'$  zusammenfällt, überträgt das Quellenbild  $Q_1'$  in eine Ebene  $E_2$ . Wie aus dem Verlauf der eingezeichneten Strahlen 17, 18, 19 bzw. der diesen entsprechenden Strahlen 17', 18', 19' hervorgeht, bilden die Elektronen die Maske  $M$  in der Präparatebene 12 des Verkleinerungsgerätes 1 ab.

Die Güte der Abbildung ist auf den Endbildleuchtschirmen 10, 13 zu erkennen. Dabei ist auf dem zentralen Endbildleuchtschirm 10 die Schärfe der Abbildung der Maske  $M$  auf die Präparatebene 12 an Hand der Größe und Helligkeit der Bildpunkte zu beurteilen, während auf den Leuchtschirmen 13 die außeraxialen Bildfehler der Abbildung zu erkennen sind. Von diesen sind die Verzeichnung, der Verdrehungs- sowie der Vergrößerungsfarbf Fehler von Bedeutung. Zur Bestimmung von Schärfe und Verzeichnung der Abbildung sind unterhalb der Projektivlinse 9 bzw. der Hilfs-Abbildungssysteme 11 elektrostatische Ablenkssysteme in Form von Ablenkplattenpaaren 20, 21 sowie Halbleiter-Detektoren 22, 23 hinter zentralen Öffnungen  $Z$  der Leuchtschirme 10, 13 vorgesehen.

Die Ablenkplattenpaare 20, 21 liegen an einer Wechselspannung. Dies hat eine periodische Auslenkung der Bildpunkte auf den Endbildleuchtschirmen 10, 13 zur Folge. Tritt nun eine Verringerung der Bildschärfe, d. h. eine Verringerung der maximalen Helligkeit sowie eine Verbreiterung der Bildpunkte auf, so liefert ein unterhalb der zentralen Öffnung  $Z$  des Endbildleuchtschirmes 10 angebrachter Halbleiter-Detektor 22 ein elektrisches Signal, aus dem die Bildschärfe bestimmt werden kann. Analysiert man nämlich das Signal nach Frequenzen, so ist z. B. die höchste auftretende Frequenz ein direktes Maß für die Bildschärfe.

Die unterhalb der Hilfs-Abbildungssysteme 11 vorgesehenen Ablenkplatten 21 dienen zur Bestimmung der Verzeichnung. Es sei eine tonnenförmige Verzeichnung angenommen. Die auf den Endbildleuchtschirmen 13 erzeugten Bildpunkte der Prüföffnungen  $V$  befinden sich beispielsweise an der Stelle  $V'$  außerhalb der zentralen Öffnung  $Z$  dieser Leuchtschirme. Die ebenfalls mit einer Wechselspannung beaufschlagten Ablenkplatten 21 führen den Bildpunkt über die zentrale Stelle  $Z$  der Leuchtschirme 13 hinweg. Die Halbleiter-Detektoren 23 liefern dann Wechselspannungssignale, die in einfacher Weise verarbeitet werden können; diese Signale sind nämlich dann am größten, wenn die Verzeichnung minimal ist. An Stelle der dargestellten elektrostatischen Ablenkelemente (Ablenkplattenpaare 20, 21) können auch magnetische Ablenkelemente vorgesehen sein.

Ferner ist es möglich, den Verdrehungs- und Vergrößerungsfarbf Fehler der Abbildung an Hand der Lage der Bildpunkte auf den Leuchtschirmen 13 zu bestimmen. Dazu wird die Beschleunigungsspannung  $U$  um einen definierten Wert, z. B. um 10 V, geändert. Liegen die Bildpunkte ursprünglich im Zentrum  $Z$  der Leuchtschirme 13, so werden sie im Falle eines noch nicht korrigierten Verdrehungsfarbf Fehlers in einer bezüglich der Achse 16 des Mikroskops 7 tangentialen Richtung bzw. im Falle eines noch nicht korrigierten Vergrößerungsfarbf Fehlers in einer zu dieser Achse 16 radialen Richtung ausgelenkt. Vorausset-

zung für die Kompensation des Verdrehungs-  
 feldfehlers ist dabei, daß das magnetische Feldlinsensystem,  
 d. h. in Fig. 1 die Feldlinse 5, in dem die Korpuskeln  
 nach Durchtritt durch die Maske *M* beeinflussenden  
 Teil und die magnetische Projektivlinse, d. h. in Fig. 1  
 die erste Hälfte des Einfeld-Kondensorobjektivs 6, in  
 entgegengesetztem Sinne erregt sind.

Wie bereits eingangs erwähnt, ist es möglich, an  
 Stelle der in Fig. 1 gezeigten Feldlinse 5 ein aus mehr-  
 10 reren magnetischen Linsen bestehendes Feldlinsensystem  
 vorzusehen. Ein derartiges System 5' mit zwei  
 Linsen 31, 32 ist in Fig. 3 schematisch dargestellt. Die  
 Elektronen verlaufen zwischen den beiden Linsen 31,  
 32 auf zueinander parallelen Bahnen. Das in Fig. 3  
 gezeigte Ausführungsbeispiel bietet die Möglichkeit,  
 15 durch Änderung der axialen Lage der Maske *M* relativ  
 zur Mittelebene 33 des Feldlinsensystems 5' den  
 Vergrößerungs- und Verdrehungs-feldfehler zu kom-  
 pensieren; die Kompensation des letztgenannten Feh-  
 lers erfordert dabei, wie oben erwähnt, eine Erregung  
 der Linse 32 und der magnetischen Projektivlinse in  
 entgegengesetzter Weise.

In Fig. 1 ist ferner ein Stigmator *St* dargestellt, mit  
 dem der Astigmatismus der Feldlinse 5 kompensier-  
 25 bar ist. Der Nachweis dieses Bildfehlers erfolgt über  
 einen Detektor *A*, der in der Ebene der Eintrittspu-  
 pille des Einfeld-Kondensorobjektivs 6 angebracht  
 ist. Dem Detektor *A* sind Öffnungen *O* in einem die  
 Maske *M* umgebenden Maskenhalter 24 zugeordnet  
 (vgl. den Verlauf der Randstrahlen 30, 30' in Fig. 2).  
 Der Aufbau des Astigmatismus-Detektors *A* sowie  
 die Gestalt des zugeordneten Maskenhalters 24 sind  
 in Fig. 4 dargestellt.

Fig. 4 zeigt den Maskenhalter 24, an dessen Rand  
 die Öffnungen *O* vorgesehen sind. Die Öffnungen *O*  
 sind in gleichen Abständen voneinander konzentrisch  
 zur optischen Achse 16 des Verkleinerungsgerätes 1  
 angebracht. Den Öffnungen *O* entsprechen Metall-  
 plättchen 25 am Rande des Astigmatismus-Detek-  
 30 tors *A*. Im Falle einer astigmatismusfreien Abbildung  
 der Maske *M* auf die Registrierebene 12 sind die auf  
 jedes der Metallplättchen 25 auftreffenden Elektro-  
 nenströme untereinander gleich.

Ein zwei- bzw. dreizähliger Astigmatismus der Ab-

bildung hat eine Änderung der gleichförmigen Be-  
 strahlung der Metallplättchen 25 zur Folge. Die Be-  
 stimmung des auf die Metallplättchen 25 auftreffen-  
 den Elektronenstromes beispielsweise mit Hilfe eines  
 Strommeßgerätes 26, das nacheinander an die Metall-  
 plättchen 25 angeschlossen wird, liefert ein eindeuti-  
 ges Signal für die Größe und Art des Astigmatismus.  
 Dies ist an Hand der Fig. 5a, 5b verdeutlicht.

Fig. 5a zeigt die Bestrahungsverhältnisse in der  
 Ebene des Astigmatismus-Detektors *A* im Falle eines  
 10 zweizähligen Astigmatismus. Die die Öffnungen *O*  
 durchsetzenden Elektronenstrahlen treffen auf Stel-  
 len auf, die längs der eingezeichneten Linien 27 bzw.  
 28 angeordnet sind. Aus der Figur folgt, daß im Falle  
 des zweizähligen Astigmatismus nur auf wenige, ein-  
 15 ander gegenüberliegende Metallplättchen 25 ein  
 Elektronenstrom auftrifft.

Die Beleuchtungsverhältnisse im Falle des drei-  
 zähligen Astigmatismus sind in Fig. 5b gezeigt. In der  
 Ebene des Astigmatismus-Detektors *A* sind Punkte  
 20 beleuchtet, die längs der eingezeichneten Linie 29 ge-  
 legen sind. Aus Fig. 5b folgt, daß der Astigmatis-  
 mus-Detektor im wesentlichen an drei Stellen be-  
 leuchtet ist, die ein gleichseitiges Dreieck bilden.

Es sei erwähnt, daß der in Fig. 4 gezeigte Astigma-  
 25 tismus-Detektor *A* neben der Anzeige eines zwei-  
 bzw. dreizähligen Astigmatismus sowie der vorge-  
 nommenen Korrektur dieser Bildfehler mit Hilfe des  
 Stigmators *St* auch dazu dienen kann, eine Änderung  
 der Beschleunigungsspannung *U* nachzuweisen. Än-  
 30 dert sich die Beschleunigungsspannung *U*, so hat dies  
 zur Folge, daß – eine astigmatismusfreie Abbildung  
 vorausgesetzt – auf den Metallplättchen 25 des De-  
 tektors *A* eine gleichmäßige Verringerung bzw. Ver-  
 größerung des auftreffenden Elektronenstromes fest-  
 35 gestellt werden kann. Dieser Elektronenstrom kann  
 ferner dazu dienen, die Belichtungszeit des Präparats  
 zu bestimmen, da die auf die Metallplättchen 25 auf-  
 treffende Stromdichte der auf dem Präparat *P* einfal-  
 lenden Stromdichte proportional ist.

Die Anwendung der Erfindung kommt vor allem  
 bei einem elektronenoptischen Verkleinerungsgerät  
 in Frage. Sie kann jedoch auch bei ionenoptischen Be-  
 strahlungsgeräten verwendet werden.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

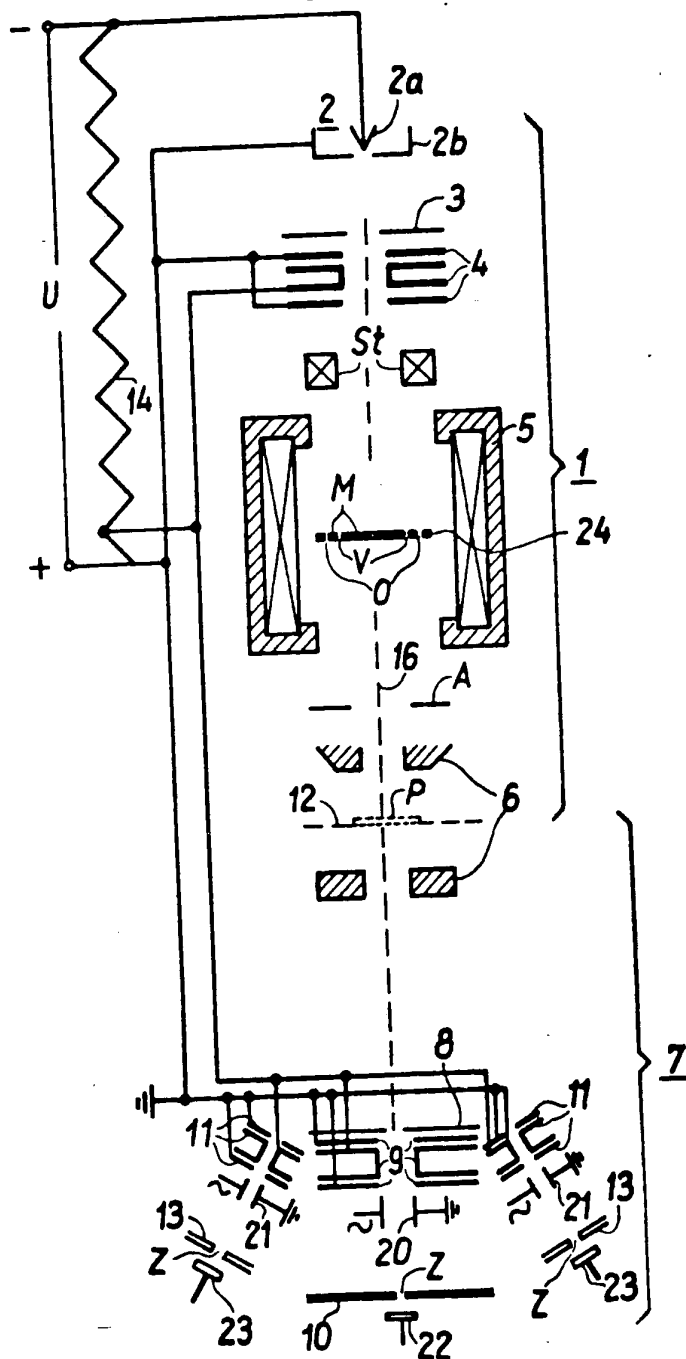


Fig. 2

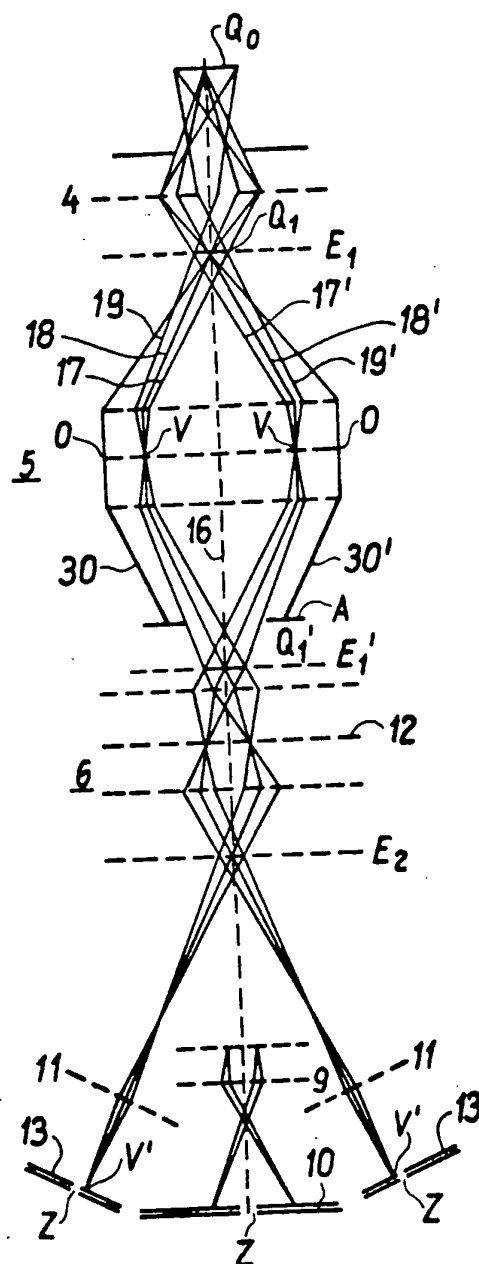


Fig. 3

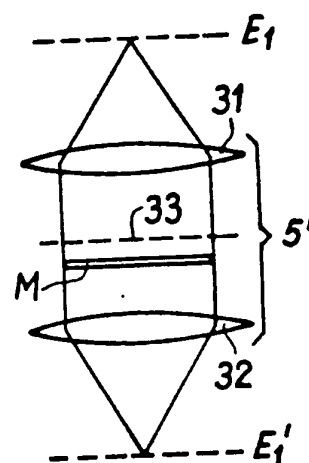


Fig. 4

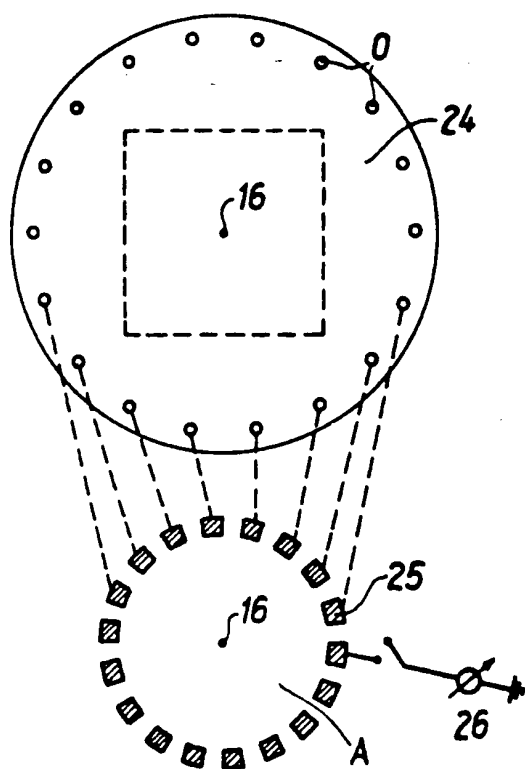


Fig. 5a

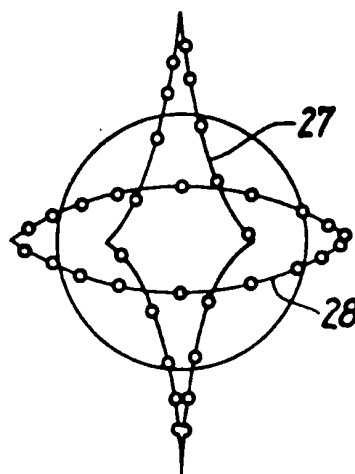


Fig. 5b

